أولا: الإيكولوجيا الصناعية (Industrial Ecology)

أ- تعريف الإيكولوجيا الصناعية: كان أول ظهور لمفهوم الإيكولوجيا الصناعية في سبتمبر 1989 في الولايات المتحدة، وهذا من خلال المقال الذي نشره نائب رئيس جنرال موتورز بعنوان "استراتيجيات التنمية الصناعية المستدامة"، والمقالة اقترحت رسميا مفهوم الإيكولوجيا الصناعية.

تعرف الإيكولوجيا الصناعية (علم البيئة الصناعي) بأنها سياسة التصنيع التي تهدف لتحقيق أفضل إنتاج واستغلال للموارد ومخلفات الإنتاج لتكون أكثر ربحية وأكثر كفاءة، بالإضافة إلى المحافظة على البيئة والجانب العمراني من خلال إتباع نظام صناعي يمنح أكبر ثروة مقابل أقل استهلاك للمواد الخام، كما تعرف أيضا بأنها بيئة صناعية تتكون من الصناعات التحويلية وشركات الخدمات الموجودة على الممتلكات المشتركة للاستفادة من الوفورات الاقتصادية والبيئية بشكل فعال وبكفاءة عالية في استغلال الموارد والإنتاج الأنظف من خلال استخدام الموارد بشكل دوري كإعادة استخدام النفايات والطاقة وغيرها، وتعرف أيضا على أنها نظام لمنطقة صناعية قائم على تبادل الموارد والطاقة بين الصناعات الموجودة في نفس المنطقة، بهدف تقليل الطاقة والمواد الأولية المستخدمة وتقليل المخلفات والنفايات وبناء علاقات ايكولوجية واجتماعية واقتصادية مستدامة.

في نظام الإيكولوجيا الصناعية يمكن اعتبار الصناعة ككائن حي يتفاعل مع بيئته الطبيعية، فبدلاً من النظر إلى كل عملية صناعية على حدى، تنظر الإيكولوجيا الصناعية إلى الصناعة كشبكة متكاملة من العمليات.

ب- أهداف الإيكولوجيا الصناعية: تسعى إلى تحقيق الأهداف التالية:

1- تخفيض استهلاك الموارد الطبيعية والطاقة في العمليات الصناعية؛

2- تحسين كفاءة استخدام الموارد والطاقة في كل مرحلة من دورة حياة المنتج؛

3- إعادة تدوير النفايات الصناعية واستخدامها كموارد في عمليات إنتاج جديدة؛

4- إنشاء شبكات صناعية متكاملة، حيث يمكن لشركات مختلفة تبادل المواد والطاقة؛

5- تساهم في تحقيق التنمية المستدامة من خلال تقليل الاستهلاك، وزيادة الكفاءة، وإعادة التدوير؛

6- تسعى الإيكولوجيا الصناعية إلى تحسين الأداء البيئي الصناعي من خلال إعادة تقييم العمليات الصناعية بإلغاء النفايات Wastes وتحويلها إلى منتجات ثانوية، مما يسمح بتنمية المجتمعات والمحافظة على القاعدة الصناعية والبنية التحتية من دون المساس بالبيئة.

ت- مبادئ الايكولوجيا الصناعية: تتمثل أهم مبادئ الإيكولوجيا الصناعية في النقاط التالية:

1- مبدأ النظم: النظر إلى الصناعة كنظام متكامل يتأثر ويؤثر بالبيئة المحيطة؛

2- مبدأ التكامل: تحقيق التكامل بين العمليات الصناعية المختلفة؛

3- مبدأ الاستدامة: تحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي والحفاظ على البيئة.

ث- تطبيقات الإيكولوجيا الصناعية: تتمثل أهم تطبيقات الايكولوجيا الصناعية فيما يلي:

1-المناطق الصناعية البيئية: إنشاء مناطق صناعية مصممة لتشجيع التكامل الصناعي وإعادة التدوير؛

2- سلاسل التوريد المستدامة: هي سلاسل توريد تأخذ في الاعتبار الجوانب البيئية والاجتماعية في كل مرحلة من مراحل الإنتاج والتوزيع؛

3- الابتكار الأخضر: تصميم المنتجات بطريقة تسهل إعادة تدويرها وإصلاحها؛

4- إدارة النفايات: تطوير حلول مبتكرة لإدارة النفايات بمختلف أنواعها في المؤسسات الصناعية؛

ثانيا: التكافل الصناعي symbiosis industrial

أ- تعريف التكافل الصناعي: لتطبيق مفهوم الاقتصاد الدائري في الواقع تم ظهور نموذج التكافل الصناعي الذي يقوم على أساس التعاون بين المؤسسات الخاصة والحكومية، بهدف إيجاد طرق مبتكرة لإعادة تدوير المخلفات التي تنتجها بعض المؤسسات واستغلالها كمواد خام لمؤسسات أخرى حيث يمكن أن تكون نفايات عملية صناعية موردًا لعملية صناعية أخرى أي مخرجات عملية تعتبر مدخلات عملية (نفايات مصنع معين هي مواد خام لمصنع آخر)

يقوم التكافل الصناعي على أنه بدلا من التخلص من المخلفات الناتجة عن عملية التصنيع، يتم إعادة استخدامها كمدخل جديد في عملية أخرى من قبل مؤسسة أخرى أو أكثر، مما يحقق منفعة أو تكافل مشترك لجميع الأطراف.

يمكن القول أن التكافل الصناعي هو عبارة عن عملية يتم فيها تبادل الموارد والطاقة والنفايات بين مختلف المؤسسات فبدلا من اعتبار مخلفات إحدى المؤسسات مجرد مادة ينبغي التخلص منها، يمكن تحويلها إلى مادة خام لمؤسسة أخرى.

يجب الإشارة أن التكافل الصناعي يختلف عن نموذج الانتاج التقليدي القائم على استخدام المواد الخام لصناعة المنتجات ومن ثم التخلص منها كنفايات صناعية، حيث تقوم المؤسسات المتكافلة بتشكيل حلقة إنتاج مغلقة، وهي من الصفات الأساسية للاقتصاد الدائري

ب- **أهداف التكافل الصناعي**: تكمن أهداف التكافل الصناعي في النقاط التالية:

1- **الاستدامة البيئية**: من خلال تقليل الهدر، تقليل انبعاثات الغازات والحفاظ على الموارد الطبيعية؛

2- **الاستدامة الاقتصادية**: من خلال زيادة الكفاءة، خفض التكاليف وفتح أسواق جديدة؛

3- **الابتكار**: من خلال تشجيع الابتكار وتطوير تقنيات جديدة في الإنتاج والتوزيع؛

4- **التعاون**: من خلال تعزيز التعاون بين مختلف المؤسسات.

ت- **أهمية التكافل الصناعي**: تكمن أهمية التكافل الصناعي فيما يلي:

1- توفير المال وتقليل الاستهلاك من خلال العمل المشترك لتعظيم المخرجات التي يمكن توليدها من الموارد؛

2- يوفر فرص للمؤسسات الخاصة والعامة لزيادة ربحها وقدرتها التنافسية من خلال تقليل تكلفة المواد الخام؛

3- يساعد في تقليل المخاطر على البيئة من خلال الاستغلال الأمثل للمخلفات؛

4- **تقليل التكاليف**: يساعد تقليل استهلاك المواد الخام والطاقة المؤسسات من خفض تكاليف الإنتاج؛

5- **تحسين الصورة العامة للمؤسسات**: يمكن للمؤسسات التي تقوم بتطبيق نموذج التكافل الصناعي أن تحسن صورتها العامة اتجاه المجتمع كمؤسسات مسؤولة بيئيا؛

6– يساعد التكافل الصناعي على تقليص الحاجة إلى استخراج أو استيراد المواد الخام وبالتالي خفض كمية النفايات الصناعية؛

7– التكافل الصناعي محرك للنمو الأخضر والحلول البيئية المبتكرة.

ث– مجالات تطبيق التكافل الصناعي: تتمثل أهم مجالات تطبيق التكافل الصناعي فيما يلي:

1– تبادل المواد: يمكن لمؤسسة ناشطة في مجال النجارة أن تقوم باستخدام نجارة الخشب الناتجة عن عملية التصنيع كوقود لتوليد الطاقة في مصنع آخر؛

2– تبادل الطاقة: يمكن لمؤسسة ناشطة في مجال توليد الطاقة استخدام الحرارة الزائدة الناتجة عن عملياتها لتدفئة مباني مجاورة أو لتشغيل عمليات إنتاجية أخرى؛

3– إعادة تدوير النفايات: يمكن تحويل النفايات الصناعية إلى مواد خام جديدة، مثل تحويل الورق المقوى إلى ورق جديد أو تحويل البلاستيك إلى منتجات بلاستيكية جديدة؛

4– تبادل المياه: يمكن للمؤسسات تبادل المياه المستخدمة في عملياتها، حيث يمكن معالجة المياه المستخدمة في عملية معينة واستخدامها في عملية أخرى.

ج– نماذج ناجحة في مجال التكافل الصناعي: تعتبر منطقة كالوندبورغ الصناعية في الدنمارك من أشهر نماذج التكافل الصناعي، حيث تقوم مجموعة مختلفة من المؤسسات بتبادل الطاقة والمياه والنفايات، مما أدى إلى تقليل التكاليف وزيادة الكفاءة البيئية.

يتم الإشارة إلى منطقة كالوندبورغ الدانماركية على أنها أول نموذج للتكافل الصناعي في العالم والتي تعمل منذ سبعينيات القرن الماضي، حيث تتعاون مختلف المؤسسات الصناعية في المدينة وتشمل مؤسسة تصفية النفط، محطة الطاقة، مؤسسة ألواح الجبس، مؤسسة أدوية، مؤسسة المياه الجوفية والسطحية، ويقومون بتبادل مجموعة متنوعة من المنتجات الأولية التي تصبح مواد وسيطة في عمليات أخرى لمؤسسات أخرى.

كما تم إنشاء أول رابطة صناعية في العالم تقوم على مبادئ التكافل الصناعي من خلال إعادة تدوير المخلفات الناتجة عن عمليات التصنيع لبعض المؤسسات كمواد تدخل في عمليات التصنيع لمؤسسات

أخرى، حيث تم إضفاء الطابع الرسمي على الشراكة كرابطة خاصة تسمى "تكافل كالوندبورغ الصناعي" وتم تشكيلها كمجلس إدارة، حيث لدى كل مؤسسة عضو يمثلها في مجلس الإدارة.

تظهر أهمية التكافل الصناعي من خلال هذا النموذج الرائد من خلال استخدام منخفض للطاقة وتوفير ثاني أكسيد الكربون بحوالي 250 ألف طن سنويا وخفض 30٪ تقريبا في استهلاك المياه والحد الأدنى من النفايات، إلى جانب توفير المؤسسات أكثر من 1.3 مليار يورو من التكاليف.

ثالثا: علاقة الإيكولوجيا الصناعية مع التكافل الصناعي

1- التكافل الصناعي هو تطبيق عملي للإيكولوجيا الصناعية: يعد التكافل الصناعي أحد التطبيقات العملية لمبادئ الإيكولوجيا الصناعية، فمن خلال التعاون بين مختلف المؤسسات؛

2- الإيكولوجيا الصناعية توفر الإطار النظري للتكافل الصناعي: توفر الإيكولوجيا الصناعية الإطار النظري والأدوات اللازمة لتحليل وتصميم أنظمة التكافل الصناعي، فهي تساعد في تحديد الفرص المتاحة للتعاون بين مختلف المؤسسات، وتقييم آثار هذا التعاون على البيئة والاقتصاد؛

3- الإيكولوجيا الصناعية والتكافل الصناعي يهدفان لتحقيق الاستدامة: الهدف النهائي لهما هو تحقيق الاستدامة البيئية والاقتصادية؛

4- يمكن القول أن الإيكولوجيا الصناعية والتكافل الصناعي مصطلحان متكاملان يهدفان إلى بناء أنظمة صناعية أكثر استدامة وكفاءة، وهذا من خلال التعاون بين المؤسسات وتبادل الموارد والطاقة، مما يساهم في تحقيق فوائد اقتصادية وبيئية كبيرة.

وبعبارة أخرى تعتبر الإيكولوجيا الصناعية من أهم دعائم التكافل الصناعي، والتكافل الصناعي ماهو إلا تطبيق عملي لمفهوم الإيكولوجيا الصناعية.